DE VI ANCORAE IN ELECTROMAGNETES ET CHALYBOMAGNETES.

MUNERIS PROFESSORII PROLUSIONEM

EX

INSTITUTO ACADEMICO

SCRIPSIT

GUSTAVUS MAGNUS,

PHILOSOPHIAE DOCTOR ET PROF. PUBL. EXTRAORDINARIUS.

BEROLINI, 1836.

TYPIS AUG. GUIL. SCHADII.

DE

VI ANCORAE IN ELECTROMAGNETES ET CHALYBOMAGNTEES.

I. DE CONVULSIONIBUS PER ELECTROMAGNETES EFFECTIS.

Cum antea in conductore pilae voltaicae convulsiones corporis humani non possent effici, nisi si ea ex pluribus paribus laminarum constaret, Faraday primus in serie nona disquisitionum suarum *) monstravit etiam singulis laminarum paribus adhibitis tales convulsiones oriri, si admodum longo filo ad conducendum utare; attamen tum tantum, cum aperiatur, non item cum claudatur catena. Idem ille docuit, convulsiones fortiores reddi, si filum in spirae modum sit

*) Vide Philosoph. Transact. pr. 1835. Poggendorfii annales Tom. XXXV. p. 413.

flexum, et crescere etiam, si in spira ferrum molle insit.

Explicatio, quam ille de ortu harum convulsionum dedit, hac re nititur, quod a flumine electrico evanescente alterum flumen eadem directione manans, in quavis propiore massa metallica, quae conductorem in se ipso clausum formet, gignitur. Uti igitur, cum aperiatur catena, in metallo, qnod prope sit, flumen ejusdem directionis nascatur, ita etiam in ipso conductore tale flumen gigni ille dicit; hoc autem flumine electrico, cum eadem directione manet, vim principis illius fluminis augeri. Faraday hoc flumen, quod evanescente altero genitum est, nominat per inductionem ortum. Ex eo pendet, quam fortes sint convulsiones, quae erunt eo fortiores, quo longius est filum vel spatium, in quo flumen per inductionem nascitur.

Cum filum conjungens in spirae formam flectitur, flumen interruptum non modo per inductionem fortius redditur, ut in recto filo, sed praeterea etiam flumen evanescens ex singulis flexibus per inductionem in flexus prope jacentes hanc vim habet, ut denuo flumen augeatur.

Denique cum in spira praeterea ferrum molle inest, quod, dum flumen per conductorem spiralem transit, in electromagnetem, qui dicitur, mutatur, hoc sumere possumus, ut magnetismus in eo hac re nascatur, quod etiam in ferro flumina ejusdem directionis atque in filo conducente gignantur. Evanescente flumine, quod in conductore spirali est, etiam flumina,

quae in ferro fluunt, evanescunt, eoque item per inductionem in conductorem sic valent, ut flumen eo ipso tempore, quo interrumpitur, denuo augeatur.

Ad ipsas illas convulsiones gignendas adhibui electromagnetem, qui hanc constructionem haberet, ut ferrum in eo, 14 digitos longum et 1,6 digitorum per diametrum, circularem sectionem haberet et soleae equinae fere formam exprimeret. Filum cupreum serico circumtextum, quo ferrum circumdederam erat, 0,5 digitorum per diametrum erat. Longitudinem ejus accurate definire nequeo, minimum tamen 1400 pedum fuisse conjicio. Filum tangit non ferrum ipsum, sed duos folliculos aurichalceos in spirae modum ita ambit, ut spiras septingenorum pedum efficiat.

Par illud laminarum, quod ad flumen electricum gignendum inserviebat, constabat ex laminis spiralibus, una zincea altera cuprea, quae singulos pedes quadratos per superficiem habebant. Eodem semper laminarum pari utebar nec augebam flumen nisi eo, quod fortius acidum adhibebam. Flumine satis valido electromagnes hic 140 pondo portabat. Eo loco, ubi fila electromagnetis in patellas argento vivo repletas, quae laminae, cupreae et zinceae adhaerebant, immergebantur, ansae aurichalceae cylindraceae affixae erant.

Qui ansas has manibus humidis prehenderet et altera sublata conductionem interrumperet, convulsiones, quae usque ad carpum porrigebantur, sentiebat.

Fila illa spiralia plerumque ita inter sese con-

nexa erant, ut ferrum in utraque sua extremitate duos contrarios polos haberet, sed poterant etiam ita necti, ut cognomines essent poli. Intensitas magnetica electromagnetis tum adeo erat debilis, ut ancoram suam portare nequiret; convulsiones tamen eaedem omnino erant ac polis non cognominibus.

Quod quidem non solum in eo electromagnete, quem modo descripsi, evenit sed etiam in quolibet similiter constructo, dum animadverterentur omnino convulsiones. Itaque patet, inductionem, quae evanescente magnetismo oritur, non tam ex intensitate magnetica totius massae ferreae, quam ex summa singularum intensitatum ejus partium pendere. Quippe quod illa intensitas totius massae ferreae diversissima est duobus polis electromagnetis aut cognominibus aut non cognominibus, haec vero summa intensitatum omnium partium ferri utroque casu eadem manet, uti fieri necesse est, quod convulsiones eaedem manent.

Simul confirmat haec observatio, quod sane jam aliunde notum est, vim inducentem eandem semper esse, quacunque directione magnetismus evanescat. Cum enim quaevis ferri particula, quae per alteram spiram magnetica redditur, oppositos polos habeat polis ferri per alteram spiram magnetici facti, vis inducens utriusque partis, quoniam singulae spirae massas ferri fere aequales magneticas reddunt, invicem per se tolleretur, si evanescente magnetismo polorum directio quidquam valeret.

Si vero duae illae spirae ita inter se connectebantur, ut electromagnes duos non cognomines polos

haberet, id quod in omnibus experimentis, quae post enarrabo, feci, convulsiones ad libitum vel fortiores vel debiliores effici poterant, prout catena clausa vel subito vel lentius interrumpebatur.

Optime autem diversi effectus ex interruptione catenae nascuntur, cum fila electromagnetis in laxiores patellas argento vivo repletas, quae rursus cum pari galvanico juncta sunt, ducuntur. Etenim si tum catena ita interrumpitur, ut alterum filum ex argento vivo tollatur, convulsiones, cum filum celeriter recta linea ad perpendiculum tollitur, admodum debiles sunt. Cum lente tollitur et oblique, quoniam sic plus temporis in discedendo a superficie consumitur, convulsiones multo vehementiores sunt. Si vero interruptio catenae pari celeritate fit, ceteris paribus, etiam convulsiones pari sunt vehementia.

Haec observatio confirmare mihi videtur explicationem, quam Faraday de ortu convulsionum dedit; flumen enim inductum, quo convulsiones gignantur, per alterum flumen evanescens nasci dicit. Sed illud tum tantum oriri poterit, quamdiu conjunctio metallica re vera extat, quae repente interrupta, eo tempore, quo flumen inductum gigni posset, non amplius extat, ita ut hoc flumen provocari nequeat. Itaque, si filum celeriter ex patella tollitur, non satis temporis ad formandum flumen inductum videtur adesse; sin sensim ab superficie argenti vivi separatur, flumen inductum per omnes partes fili perfecte oriri et tanto majorem vim exercere potest.

Si experimentum hoc, quod exposui, eadem ra-

tione instituebam, nisi quod electomagnetem, priusquam interrumpebatur catena, ancora instruxeram, convulsiones, quamvis interruptio eadem, qua antea, celeritate fieret, adeo debiles erant, ut eas initio evanuisse omnino putarem.

Ancora magneti applicata et ipsa fit magnetica, contrariis tamen polis, qua re vis magnetis tollitur. Eodem modo ancora in electromagnetem valet; itaque probabile erat, eam, tollendo vim ferri inducentem, convulsiones fortes deminuere. Quae cum in electromagnete partim per filum in se ipsum, partim per ferrum in filum inducens gignantur, ancora alterum hoc ita tollere poterat, ut conductor in se ipsum solum inducendo valeret et debiles illas convulsiones efficeret, quas ancora applicata inveni. Itaque necessarium videbatur vim inducentem et ferri et fili seorsum cognosci.

Primum igitur conductorem solum adhibui sine ullo ferro, quod ex folliculis aurichalceis, quos dixi ambiri filo, exemi. Convulsiones, quae sic nascebantur, multo vehementiores erant, quam quae cum ferro adhibita etiam ancora gignebantur.

Hinc sequitur, vim ancorae non hoc solo constare, quod ea inductionem ferri tollat, sed ei etiam aliam vim inesse, quae filo in se ipsum inducenti contraria sit.

Ceterum non est praetermittendum, convulsiones, adhibito solo conductore spirali natas, paulo tantum fuisse debiliores quam quae cum ferro, absente an-

cora, gignebantur. Quod quidem sine dubio hinc factum est, quia in electromagnete, quem adhibui, massa fili adeo superabat massam ferri, ut vis inducens, quam hoc in filum habebat, comparata cum vi inducente, quam filum in se ipsum exercebat, nullius fere momenti esset.

Ut porro etiam vim inducentem ferri in filum solam acciperem, spiralem conductorem rursus ad ferrum alligavi, et, dum flumen per eum transibat, ancoram applicui. Dein conductionem interrupi. Ancora adhaesit ferro, quod magneticum manebat. Flumen autem electricum in filo, quod catena aperta erat, non amplius esse poterat. Jam quando ansas fili extremitatibus affixas manibus humidis comprehendebam, sicque conductionem inter extremitates fili restituebam, ut demebatur ancora, convulsionem sentiebam vehementiorem aut debiliorem, prout ancora aut repente avellebatur aut lentius removebatur.

Convulsiones has ex inductione ferri in filum natas esse apparet. Ancora, quamdiu ferro adhaeret, vim magneticam ejus tollit, si sejungitur, evanescente magnetismo per inductionem in filo oritur alterum flumen ejusdem directionis ac quod magnetismum in ferro genuit.

Quodsi hoc, quod exposui, experimentum ita mutabam, ut, dum ansae manibus humidis tenentur, inter extremitates fili esset simul metallica conjunctio, quae deinde eo ipso tempore interrumperetur, quo ancora a ferro sejungebatur, vehementissimam convulsionem sentiebam.

Vehementia haec inde videtur effici, quod ad flumen inductum, avulsa ancora gignendum, conductore clauso opus est. Qui si vel ex aliqua parte malus conductor est, veluti corpus humanum, non aeque vehemens flumen oriri poterit ac perfectiore metallico conductore adhibito. Jam si perfectior talis conductor metallicus eo ipso tempore, quo flumen in eo jam natum est, per corpus interrumpitur, flumen vehementius jam ortum in conductore metallico, per corpus transibit et vehementiores convulsiones efficiet, quam si jam oriente flumine conductio non esset perfecte metallica.

Maxime autem est insigne, quod hac in re convulsiones, quae ab solius ferri vi inducenti gignuntur, longe vehementiores sunt, quam quae per electromagnetem sine ancora, catena reclusa, efficiuntur, quamvis in his non solum ferrum sed etiam ipsum filum metallicum inducendo valeat.

Causa, opinor, est, quod catena voltaica conductor quidem est in se clausus, sed constat tamen partim ex perfecto conductore, qui est filum metallicum, partim ex minus perfecto, aqua nimirum acidula, quae inter laminas intercedit. In tali autem conductore clauso nunquam aeque vehemens flumen per inductionem nasci poterit atque in eo, qui omnino sit metallicus. Itaque vis inducens ferri in avellenda ancora in conductore omnino metallico multo vehementius flumen gignet, quam ferri et fili vires inducentes in conductore minus perfecto, qualis est catena. Omnino autem hoc satis bene cogitari potest, vim fluminis gal-

vanici multo fore vehementiorem, si ad id gignendum non humidus conductor adhibeatur, ita ut filum per conjunctionem metallicam in se ipsum redire possit, pari modo atque idem in fluminibus per inductionem natis inveniri potest.

Dein examinavi, num etiam in minoribus electromagnetibus ancora applicata simili modo vehementiam convulsionum deminueret. Et adhibui quidem ferrum 16 digit. longum et 0,8 digitorum per diametrum, in soleae equinae formam flexum, in cujus cruribus fila spiralia centenorum pedum affigebantur, ita ut totus conductor 200 pedes longus esset. Mirum tamen videbatur, cum in hoc electromagnete per ancoram applicatam non deminui vehementiam convulsionem invenirem.

Quare, cum hoc mihi in mentem venisset, ut fortasse per naturam ferri in electromagnete, quem supra (pag. 5.) descripsi, illa effecta esse putarem, alterum ferrum ejusdem omnino formae ac quo antea usus eram, sed ex diverso tamen genere ferri feci. Quod cum eandem vim haberet ac prius, ipsa natura ferri illius, magnam hanc deminutionem convulsionum in electromagnete, quem supra descripsi, non poterat effecisse.

Quodsi idem ferrum quod filo 1400 pedes longo circumdatum applicata ancora multo debiliores convulsiones gignebat quam sine ancora, filo 200 tantum pedes longo circumdabam, item applicata ancora nulla deminutio convulsionum apparebat. Unde ex

sola longitudine fili deminutiones convulsionum pendere apparet.

II. UT EVANESCAT FLUMEN IN CONDUCTORE ELECTROMAGNETIS, TEMPUS ALIQUOD REQUIRI.

Quae modo exposui, probabile reddebant, ferrum electromagnetis diverso modo in filum, quo circumdetur, valere, prout ancora aut instructum sit aut ea careat. Id accuratius hoc experimento exquirere studui.

Flumen, postquam per filum longum ejus electromagnetis, quem pag. 5. descripsi, duxi, deinde ut interrumperem, unam fili extremitatem, ex patella argento vivo referta extractam, quam celerrime immersi in aliam patellam argento vivo plenam, quae ita cum altera fili extremitate cohaereret, ut filum in se ipsum quasi rediret, a pila autem esset sejunctum. Jam ut viderem, num superesset flumen aliquod in filo, antea filo illi conducenti injunxeram multiplicatorem, cujus acus duplex, quamdiu filum cum pila conjunctum fuerat, circiter 90^0 declinarat. Tunc filo a pila sejuncto, si ancora in ferro non erat, subito acus, in utramque partem paria spatia motu vacillanti emetita, a loco principe non declinabat; sin aderat electromagneti ancora, acus sensim sensimque in locum principem redibat tanta tarditate, ut pro diversa fluminis vehementia 20 usque ad 70 secund. praeterirent, dum ejus vacillationes paribus spatiis ab utraque parte recederent. Motus autem acus hic erat, ut a 90^0, quos gradus declinarat, usque ad circiter 75^0 ab loco prin-

cipe accederet, dein paucis gradibus recederet, inde usque ad 40^0 rediret, mox rursus paullulum abiret etc. donec declinatio nulla et vacillationes utrimque pares essent.

Vix opus est commemorari, si filum post reclusam catenam non in se ipsum redibat, ne flumen quidem amplius potuisse inveniri, sive ancora esset in electromagnete sive non esset.

Idem, quod ex hoc experimento apparebat, nimirum in filo electromagnetis flumen, cum recludatur catena, tarde tantum si ancora applicata sit, sin ea desit, subito evanescere, idem quoque efficiebatur ex eodem experimento, cum ferrum idem, pro filo autem 1400 pedes longo aliud, quod 200 tantum pedum esset, adhiberem; tempus tamen, dum acus in locum principem redisset, paulo brevius erat. Eadem plane eveniebant, si ferro tenuiori $\frac{7}{8}$ digitorum per diametrum, quod item filo 200 pedes longo ambibatur, utebar, nisi quod acrior multiplicator adhibendus erat. Igitur flumen applicata ancora, cum eadem ferri massa adhibetur, breviori tempore evanescit, si filum est brevius; cum autem filum idem est, si massa ferri minor est.

Qua in re ut accuratius persequerer, quam vim longitudo fili haberet, ferrum crassius, quod 1,6 digit. per diametrum erat, duodecim tantum flexibus fili cuprei admodum crassi, quod 3 linearum per diametrum erat, circumdedi, ita ut seni spirae flexus, singuli $\frac{1}{2}$ digit. inter se distantes, utrique cruri soleae adjacerent, media autem ejus curvatura libera a filo esset.

Hoc filum si per alia fila ejusdem crassitudinis cum eo pari galvanico, quod supra descripsi, conjungebam, electromagnes fere aeque multum portabat ac tenuiori filo 1400 pedes longo adhibito, cujus circiter 2200 flexus ferrum ambibant. Sed num etiam brevi hoc filo (9 pedum), adhibito tarde evanesceret flumen, explorari nequibat; nam cum multiplicatorem ex tenui filo injunxissem, electromagnes nihil fere amplius portare poterat. Causa est, quod flumen, si in aliqua parte conductionis per tenue filum transire cogitur, admodum deminuitur, parique ratione etiam vis electromagnetis decrescit. Quare cum multiplicatore, ad flumen in hoc crassiore filo evanescens observandum, uti nequirem, acum duplicem prope filum suspendi, sed nec sic, nec si acus a filo crassiore aliquot spirae flexibus circumdabatur, tarde eam redire animadvertere poteram. Quod quidem sine dubio ideo accidit, quia tempus, quo acui ad singulas vacillationes opus est, majus erat, quam quod ad extinguendum flumen requiritur. Sed re vera etiam in hoc filo tarde flumen evanescere, alio experimento, quod infra (p. 16.) exponam, cognovi.

III. UT MAGNETISMUS ELECTROMAGNETIS RECLUSA CATENA EVANESCAT, TEMPORE OPUS ESSE.

Quod flumen in conductore tarde evanescit, satis explicari potest, si sumitur, magnetismum quoque electromagnetis, si ancora huic adhaereat, reclusa catena

non subito evanescere, sed sensim deminui. Si enim sensim evanesceret magnetismus, per inductionem in conductore oreretur flumen ejusdem directionis ac quod principio per filum ductum est. Illud autem flumen inductum pari celeritate, ac magnetismus evanesceret, excitaretur, ideoque acum multiplicatoris, dum deflectere conatur, sensim tantum in locum principem redire sineret.

Ut autem tarde acus redeat, in locum principem, re vera inde fieri, quod per longius tempus flumen ejusdem directionis perpetuo gignatur, hoc experimento confirmatum est. Nam cum flumen, ut antea, per filum 1400 pedes longum duxissem et electromagneti applicuissem ancoram, quae etiam interrupto flumine satis magna cum vi ei adhaerebat, deinde autem utramque fili extremitatem a pila sejunctam cum multiplicatore ita conjunxissem, ut sic conductor in se rediret, statim acus declinabat idque eadem directione, qua per flumen pilae deflexa fuisset. Et declinabat etiam tum, cum conductor per 10 sec. a pari galvanico sejunctus tunc demum secum ipso per multiplicatorem rursus connectebatur. Quod quo tardius fiebat, eo minori declinatione eoque celerius acus ad locum principem redibat. Semper autem tempus ab reclusa catena usque dum acus in utramque partem a principe loco paribus spatiis declinabat, idem esse videbatur, sive subito sive post aliquod tempus filum a pila sejunctum rursus secum ipso connectebatur.

Quodsi, ut hoc experimento demonstratur, magne-

tismus tarde evanescens efficit, ut etiam flumen in filo conducente electromagnetis, applicata ancora tarde evanescat, apparet etiam, si massae ferri sint pares, pariaque portare sustineant, flumen in filo circumdanti eo tardius evanescere, quo longius sit filum. Nam ut flumen tarde evanescat, fit, quod proprie semper denuo gignitur per inductionem, quae est eo major, quo longius est filum, quod eam recipit.

Idque plenissime comprobatum est, cum ferrum, quod in priori experimento filo 1400 pedum circumdederam, 200 tantúm pedum filo circumdarem. Eadem enim eveniebant, quae priori experimento, sed tum tantum, cum fili extremitates a pila sejunctas admodum celeriter cum multiplicatore connecterem. Si vero pro hoc filo alio utebar 3 lineas crasso et 9 pedes longo cum eodem ferro (pag. 5.), acus non declinabat, nisi cum valde acrem multiplicatorem adhiberem. Eadem fiebant, cum ferrum tenuius, quod 0,8 digitorum per diametrum esset, cum filo 200 pedes longo adhiberem.

Jam ex his etiam explicari potest, quam ob rem applicata ancora convulsiones deminuantur.

Nimirum in electromagnete, qui admodum magna pondera sustinere possit, magnetismus reclusa catena tardissime evanescet. Ferrum si est circumdatum valde longo filo, quod a pila sejunctum deinde per corpus humanum secum ipso connectitur, magnetismus tarde evanescens impedit, quominus flumen in hoc filo evanescat, quod, quoniam inducendo in se ipsum valere

ne-

nequit, convulsiones gignere non potest. Idem autem ferrum idem pondus sustinens si breviori filo circumdatum est, magnetismus evanescens, quoniam in minorem fili longitudinem valet, minorem vim inducendo exercet. Itaque non pari ratione impeditur, quominus in filo evanescat flumen, quod ideo in se ipsum inducendo valere et convulsiones gignere poterit. Ergo deminutio convulsionum ex sola fili longitudine pendet, nec dubium est, quin pro singulis ferri massis etiam certae quaedam filorum longitudines inveniri possint, quibus adhibitis ferrum ancora instructum convulsiones ne oriantur, impediat. Insigne vero est, in omnibus electromagnetibus, in quibus ancora applicata convulsiones vel parum vel omnino non deminueret, fila adeo fuisse brevia, ut per se sine ferro admodum debiles tantum convulsiones gignerent. Quamobrem hac convulsiones multum augebantur, si ferrum sine ancora in his filis inerat, cum in electromagnete supra (p. 5.) descripto, in quo convulsiones applicata ancora fere penitus evanescebant, filum in spirae modum flexum ferè aeque vehementes convulsiones efficeret sine ferro atque cum ferro.

IV. QUAE PONDERA ELECTROMAGNETES FLUMINE INVERSO PORTARE SUSTINEANT.

Quod tarde flumen in electromagnete ancora instructo evanescit, explicat etiam aliam rem. Cum enim vulgaris opinio sit ancoram adhaerere electromagneti

non modo, si conjunctio cum catena tollatur, sed etiam, si contraria directione flumen per filum ducatur, unde anonymus quidam, P. M. Dubliniensis *) eo ipso tempore, quo invertatur flumen, electromagnetis vim portandi pondera admodum augeri contendit, ex meo quidem experimento contrarium omnino evenit.

Si electromagnete cum conductore longissimo utebar, ancora 3 pondo gravis, cum inverteretur flumen, quamvis id celerrime fieret nec ullum aliud pondus adhaereret, semper decidebat, et tamen idem ille electromagnes eodem flumine adhibito 140 pondo portare poterat. Si eodem ferro cum conductore illo brevi, 3 lineas crasso (p. 13.) utebar, ancora, si nullum aliud pondus ei allegatum erat, inverso flumine adhaerebat, sed, cum electromagnes flumine perpetuo valente 80 pondo portaret, inverso flumine illa, etiamsi 3 tantum pondo suspendebam, semper decidebat. Flumine interrupto, non inverso ancora 21 pondo portabat, itaque inverso flumine semper decidebat, quamvis minus pondus portaret quam sublato flumine sustinebat.

Priorum opinio est, flumen in electromagnete, etiamsi ancora applicata ei sit, reclusa catena subito evanescere, eaque re per inductionem nasci flumen, quod ancoram, dum invertatur flumen, eadem vi portet atque ea antea portabatur.. Verum cum modo demonstrarem, flumen in electromagnete, cui ancora ad-

---

*) Vide Philosophical Magazine ann. 1833. Vol. III. p. 8.

haereat, tarde tantum evanescere, sequitur, ut, quamvis flumen jam contraria directione per filum sit ductum, tamen flumen aliquod prioris directionis supersit. Quod cum flumini postea nato obnitatur, siquidem ad hoc gignendum item tempore opus est, punctum aliquod temporis esse poterit, quo flumina haec contraria inter se sint paria et suam invicem vim tollant. Hoc autem temporis puncto ancora decidet.

Hinc sequitur, ancoram nunquam eodem tempore decidere, quo flumen per instrumentum illud, quod ab invertendo flumine nomen habet, in contrariam directionem pellatur; observatioque ipsa docet, ancoram semper post flumen inversum decidere. In electromagnete, quod longo filo instructum erat, 4 secund. post inversum flumen praeteribant, dum ancora decideret.

In omnibus electromagnetibus, in quibus satis multum tempus ab flumine inverso, dum decidat ancora, praeterit, ea adhaeret, si vetus directio fluminis initio inversa satis celeriter restituitur.

V. INTENSITATEM MAGNETICAM PER ANCORAM APPLICATAM AUGERI AD EAMQUE REM TEMPORE OPUS ESSE.

Quod magnetismus electromagnetis a pila sejuncti sensim, si ancora applicata est, subito contra, si ea desit, evanescit, hac re minus mirum videtur, quod, etiam si electromagnetis conjunctio cum pila servatur, tamen magnetismus, si ancora applicatur, augetur, idque item fit sensim.

Nimirum, cum ancoram electromagneti applicarem, dum flumen per conductorem 1400 pedum transibat, illa initio adeo exigua cum vi adhaerebat, ut facile eam possem dirimere; postquam vero per 2 circiter secund. adhaesit, avellere non amplius poteram et majore pondere quam centenario opus erat, ut id posset fieri. Simili modo ancora initio postquam applicata est, facile in polis electromagnetis moveri poterat, sensim autem magis adhaerens post aliquot secunda, quamvis omnibus viribus contenderem, moveri non poterat.

Hinc patet, portandi electromagnetum vim sensim tantum crescere. Praecipue tamen hoc fit in electromagnetibus admodum longo filo circumdatis; cum fila breviora eidem ferro adhibentur, statim fere ancora cum omni sua vi adhaeret.

Per id tempus, quod, dum electromagnes maximam suam portandi vim obtineat, praeterit, etiam magnetismum ejus re vera sensim augeri, ex hac observatione apparet.

Electromagnes enim filo 1400 pedum circumdatus, de quo jam dixi, cum in singulis suis polis tantum admodum exiguas massas ferri, unum vel duo pondo, portare posset, si ancora extruebatur, circiter 140 pondo sustinebat *). Chalybomagnes vero, qui

---

*) Postea etiam J. Henry et Ten. Eyck in Sillimanni Ephemer. XIX. 12 jam similem quandam observationem fecisse vidi, sed insignem hanc rem accuratius non persecuti sunt.

per ancoram suam 10 pondo portabat, in polo suo majores ferri massas ferre poterat quam validus ille electromagnes.

Idem fit in omnibus electromagnetibus, quos quidem adhibere contigit, nimirum ut cum chalybomagnetibus comparati admodum exigua pondera in singulis suis polis portare possint, unde magnam eorum vim sustinendi pondera per applicatam demum ancoram nasci apparet. Quod quidem opinionem mihi fecit, electromagnetum ancora instructorum vim prae ceteris hinc pendere, ut ferrum massam in se clausam efficiat.

Itaque ut hoc examinarem, duo bacilla rotunda, ex ferro molli confecta, 7 digit. longa et 0,8 digit. per diametrum, quorum extremitates accurate laevigatae erant, adhibui, et intervallo $2\frac{1}{2}$ digitorum alligata filis spiralibus quinquagenos pedes longis circumdedi. Haec fila ita conjuncta erant, ut per ambo flumen galvanicum transiret et poli non cognomines duorum bacillorum ed eandem partem versi essent. Jam si duos polos inferiores per ancoram connectebam, haec, quae 3 pondo gravis erat, vix sola portabatur; si simul etiam duos polos superiores per ancoram conjungebam, ancora inferior tam firmiter adhaesit, ut usque ad 40 pondo portaret.

Pro his bacillis si duo alia, item 7 digitos longa sed 1,6 digitorum per diametrum, eaque aut filo 1400 pedum aut crassiore, 3 linearum per diametrum, et 9 tantum pedes longo, circumdata adhibebam, haec item ne admodum quidem valido flumine vix solam anco-

ram portare poterant. Sin polos superiores per ferrum planum et accurate iis adaptatum conjungebam, ancora tanta cum vi adhaerebat, ut circiter 140 pondo praeterea portare posset.

Experimentum hoc docet, electromagnetis vim pondera portandi eo augeri, quod ejus ferrum massam in se clausam efficiat, idque optime fieri comperi, cum ferrum conjungens quam maxime bacillis conjungendis se applicaret.

Etenim cum duos superiores polos bacillorum electromagneticorum sic per ferrum conjungebam, ut una tantum linea illos tangeret, eam ob rem duos inferiores polos, quibus ancora applicata erat, plus ponderis posse portare vix sentiebam; cum vero idem illud ferrum ita bacillis electromagneticis imposuissem, ut tota eorum planities tangeretur, vis admodum augebatur.

Sed non modo, si rectum ferrum polos duorum bacillorum conjungebat, sed etiam si curvum ideoque longius, poli contrarii plus ponderis portare poterant. Ut enim comperirem, num etiam, si ferrum admodum longum conjungeret, vis pondera portandi augeretur, ferrum 6 pedes longum, quod eandem sectionem eandemque omnino naturam ac bacilla electromagnetica illa tenuiora habebat, ita flexi in formam soleae equinae, ut ejus crura ternorum pedum essent, eoque cum polos superiores bacillorum conjunxissem, etiam tum satis valde contrariorum polorum vim onera sustinendi augeri inveni.

Quod quidem conjici possit eo tantum fieri, quod ferrum massam in se clausam efficiat. Sed etiamsi in superioribus polis bacillorum massas ferri, quae sese non tangerent, imponebam, tamen vis illa augebatur, modo satis magnae essent massae illae ferri. Nam sine massis illis bacilla solam ancoram 3 pondo gravem ferebant, impositis autem iis duodecim pondo *). Quodsi massas ferri ita applicabam, ut sese tangerent vel per aliud ferrum conjungerentur, vis onera sustinendi, quamvis admodum cresceret, nunquam tamen aeque augebatur, ac si superiores bacillorum poli per ferrum plane impositum conjungebantur.

Chalybomagnetes tales certe, qui jam diutius in usu fuerant, hac in re aliter valere videbantur. Etenim cum duo bacilla, ordine parallelo, directa ad perpendiculum linea posuissem, ancora in duobus inferioribus polis non cognominibus eadem semper cum vi haerebat, sive poli superiores per ferrum conjuncti erant sive non erant. Non magis vis pondera portandi augebatur, si magnae massae ferri superioribus polis applicabantur.

Quamvis vero per ferrum uni polo chalybomagnetis applicatum, alterius poli vim onera portandi augeri non animadverterem, tamen etiam in chalybomagnetibus magnetismus per ancoram applicatam augetur, quod tantum non satis fortiter usque ad polum contrarium va-

*) Magnetismum terrae nihil omnino hanc in rem valere inde apparuit, quod ferri massae, quacunque directione, eandem semper vim exercebant.

lere videtur, ut aeque atque in electromagnetibus vim onera portandi augere possit. Notum est, si magnes filo cupreo in se clauso appropinquetur, flumen electricum in filo nasci, porro si idem magnetis polus a filo removeatur, flumen contraria directione gigni, denique, si magnes a filo nec removeatur nec ei appropinquetur, in hoc nullam vim, quae quidem animadverti possit, exerceri. Jam si in filum spirale, cujus extremitates per multiplicatorem inter se connexae sunt, bacillum magneticum inditur, acus multiplicatoris declinat, dein, si magnes manet in spira, in locum principem redit. Tum si alteri polo bacilli magnetici ferrum appropinquatur, acus denuo declinat, idque facit eadem directione, qua per inditum magnetem declinaverat *).

Hinc apparet, ferrum appropinquatum idem omnino efficere, quod magnes novus fecisset si in spiram immissus esset, hoc est, per id magnetismum ejus magnetis, qui jam adest, augeri **). Aucta enim magnetis vis procul dubio denuo inducendo in ferrum valet, eaque re hoc rursus in magnetem retro valet, unde amborum vis augetur.

Si magneti, qui in tali filo spirali inest, pro massa ferri

---

*) Hanc rem jam animadvertit P. Erman. Vide commenmentationes academiae scientiarum Berolinensis, 1822, p. 17.

**) Eadem declinatio acus potest effici, si magnes ex spirali eximitur, modo is contrarios polos ac qui inest in spira magnes, habeat. Ipsa autem haec exemtio semper magnetismum magnetis, qui jam inest in spira, augeret.

ferri alius bacilli magnetici polus contrarius appropinquatur, acus multiplicatoris item hac directione declinat, ac si magnes ejusdem directionis cum eo, qui inest in spira, in eam inderetur. Itaque etiam magnetes, quorum poli non cognomines inter se appropinquantur, invicem suum magnetismum augent.

Revera is est auctus intensitatis magneticae, quem magnes per applicatum, vel appropinquatum modo, ferrum experitur. Res illa nota, magneti majus pondus adhaerere, si id ex solo ferro constet, quam si in ancora ferrea etiam alius materiae pondera suspendantur, nititur quidem hoc auctu intensitatis magneticae; causa tamen vera auctae intensitatis satis explicari nequibat. Nam fieri poterat ut vis pondera portandi hoc solo augeretur, quod ferrum suspensum per inductionem magneticum fieret, eoque magis, quo massa ferri major et praesertim longior, per inductionem in validiorem magnetem mutaretur. Quare si magnes solo ferro oneratur, ipse vehementius attrahitur quam si in ejus ancora pondera alius materiae suspenduntur. Sed intensitatem magnetismi chalybomagnetis ipsius per massam ferri prope sitam augeri ex hoc experimento cognosci non poterat. Neque hoc, quamvis id ad naturam intensitatis magneticae penitus explorandam gravissimum sit, nunquam antea, quantum equidem noverim, est pronuntiatum.

Auctus intensitatis magneticae, qui et in chalybomagnetibus et in electromagnetibus ferro appropinquato efficitur, nonnullas saltem observationes, de quibus

antea dixi, explicat*). Intensitas enim electromagnetum, qui ex ferro molli facti sunt, quod magnetismum per inductionem facilius recipere potest quam ferrum induratum, magis augetur, quam chalybomagnetum; quare in iisdem illis vis inducens ferri adhibiti multo magis in ipsorum massam penetrat, unde fit, ut ferrum uni extremitati bacilli electromagnetici adhibitum etiam in alteram extremitatem valeat, id quod non item evenit in chalybomagnetibus.

Quodsi poli non cognomines duorum electromagnetum inter se parallelorum ad eandem regionem diriguntur, ferrum duobus superioribus polis impositum, quoniam duorum polorum vi afficitur, in multo fortiorem magnetem mutabitur, quam si ab uno tantum polo tangatur; itaque et ipsum multo fortius inducendo in bacilla electromagnetica valebit, eoque vim pondera sustinendi eorum bacillorum, quorum extremitates per ferrum inter se connexae sint, admodum augebit. Ex hoc ipso apparet, cur intensitas minus augeatur, si ferrum conjungens longius fit vel minus plane tangit.

Eadem res demonstrat cur in electromagnetibus soleae equinae similibus vis onera portandi per ancoram applicatam admodum crescat. Item ex illa aper-

---

*) Hac re, quod intensitas magnetica per ferrum adhibitum augetur, sine dubio etiam illud nititur, quod magnetes ancora instructi sensim majorem vim pondera portandi adsciscunt, sin carent per longius tempus ancora, intensitas eorum magnetica deminuitur.

tum est, cur tempore opus sit ad magnetismum horum electromagnetum augendum. Magnetismus enim ferri, dum augetur, in filo circumdanti flumen, quod contraria est directione ac quod jam adest, gignit, cujus vis hac re partim tollitur.

Hoc autem re vera sic fieri, hoc experimento comprobatur. Si electromagnes cum filo longo, pro conductore in pila adhibetur, acus multiplicatoris inditi, si ancora non est applicata, cum flumen satis est validum, 90° declinat; ut ancora applicatur, tantopere declinare illa desinit et post plures demum vacillationes ad locum, quo prius declinarat, redit.

Itaque flumen a pila genitum, etsi in breve tempus per ancoram applicatam partim tollitur, mox denuo ortum, dum magnetismum auget, ipsum rursus impeditur, deinde renovatum, iterum auget magnetismum, dum hic ad summam suam vim perveniat. Hinc, quoniam vis inducens ferri in filum longius est vehementior ideoque flumen in eo ortum vehementius impedit, apparet, in electromagnetibus, si longiora fila adhibeantur, longiore tempore ad summam illam vim gignendam opus esse quam si brevioribus filis utare. In his enim vis inducens ferri pro flumine a pila genito exigua erit; ideoque, quoniam hoc parum impeditur, electromagnes cum filo breviori summam suam vim onera portandi, si ancora applicetur, statim fere adipiscetur.

Difficilius erit ad explicandum, cur in electroma-

gnete ancora instructo, post flumen interruptum, tempore aliquo opus sit ut magnetismus deminuatur. Nam post eam interruptionem per magnetismum evanescentem nullum flumen in filo poterit gigni, quia hoc non est in se clausum.